

山形大学紀要（農学）第15巻 第1号：37-41. 平成18年2月
Bull. Yamagata Univ., Agr. Sci., 15(1): 37-41 Feb. 2006

水稻の出液速度と乾物増加速度の関係

伊藤 浩志・角田 憲一・安藤 豊

山形大学農学部生物生産学科生産生態制御学講座
(平成17年10月3日受理)

Relationship between Bleeding Rate and Dry Matter Increasing Rate in Rice Plant

Hiroshi ITO, Ken-ich KAKUDA, Ho ANDO

Section of Agricultural Ecology and Engineering, Departments of Bioproduction,
Yamagata University, Tsuruoka 997-8555, Japan
(Received October 3, 2005)

Summary

It is well known fact that physiological root activity of rice, i.e., α -naphthylamine oxidation, is related to the dry weight of rice plant. It indicates that the growth of rice plant might be controlled by the physiological root activity of rice. Bleeding rate is one of the indexes of physiological root activity. However, there is little information about relationship between bleeding rate and dry matter increasing rate of rice plant. The objective of this study is to clarify the relationship between bleeding rate per panicle or per top dry weight and top dry matter increasing rate. Bleeding rate per panicle or per top dry weight did not relate to CGR, NAR, and RGR. There was no relationship between bleeding rate per panicle and panicle dry matter increasing rate. But, bleeding rate per top dry weight related to panicle dry matter increasing rate at 5% level. This fact suggests that cultivation management to get high yield of rice might be supported by bleeding rate per top dry weight.

Key Words : rice, bleeding rate, panicle dry matter increasing rate

緒言

稲の地上部生育は根の機能と密接に関係している（太田ら，1970）。そのため、バイオマス生産を増大し米収量を増加するには、水稻の根の生理活性を高めることが重要である。したがって、収量増加のためには根の生理活性を随時測定し、その測定値を基に適した栽培管理を行い、生理活性を改善していく必要がある。

根の生理活性の評価方法には、根の酸化力や呼吸速度によるものがある（根の事典編集委員会，1998）。これらの方法は、測定する際に土壌から根を掘り上げて水洗いする必要があり、その過程で根組織の機能が変化してしまう恐れがある（角田，1989）。また、根の全量回収が困難であり、測定に一部の根しか供試できないことから、試料の調整には注意が必要とされる。一方、他の根

の生理活性評価方法として、能動的吸水を基盤とする出液速度がある（根の事典編集委員会1998）。この方法は、茎切断面からの出液現象を利用して根の生理活性を測定する方法である。そのため、出液速度は根の酸化力や呼吸速度の測定と異なり、根の堀上げや洗い操作が不要であるうえ、根系全体を対象にすることができるという利点がある。したがって、全根を対象とした根の生理活性を簡便に測定する場合には、出液速度を測定することが有利であると考えられる。

根の生理活性測定値に基づく栽培管理を行う際には、前提として地上部生育との関係を明らかにする必要がある。これまでに、根量あたりの出液速度とRGRには有意な相関関係が認められている（Samejimaら2004）。しかし、出液速度の利点は根を直接回収することなく根の活性を測定することができることである。そのため、根の

キーワード：水稻，出液速度，穂乾物増加速度

回収を伴わない出液速度と地上部生育との関係を明らかにすることが重要であると考えられる．そこで本研究では，地上部形質を利用した1穂あたり出液速度及び地上部乾物重あたり出液速度のそれぞれと，地上部乾物増加速度の関係について検討した．

材料および方法

〔栽培方法〕

本試験は2002年に山形県立農業試験場庄内支場の圃場で行った．供試水稻品種は「はえぬき」とした．移植は5月10日に行った．

〔処理区〕

処理区は根の生理活性を変えるために，1株植え付け本数2本＋標準施肥区，5本＋標準施肥区，8本＋標準施肥区，5本＋多施肥区，8本＋多施肥区の計5処理区を設けた．各区3反復とした．栽植密度は各区22.2株/m²とした．基肥窒素施用量は標準施肥区を60kg/ha⁺，多施肥区を90kg/ha⁺とした．

〔調査項目〕

出液速度

出液速度の測定は出穂後23日に行った．測定手順は森田・阿部（1999）の方法を一部変更して用いた．すなわち，午前8時に，各区平均穂数を持つ2株を土壌表面から約10cmの高さで茎葉部をハサミで切断し，予め重量を測定しておいた脱脂綿の入ったビニール袋を脱脂綿が茎の切断面に密着するようにかぶせた後，輪ゴムで止めて出液の採取を開始した．そして，出液採取開始から2時間後の午前10時に脱脂綿の入ったビニールを採取して直ちに重量を測定し，2時間の増加量から出液速度を求めた．

CGR, NAR, RGR, 穂乾物増加速度

CGR（個体群生長速度），NAR（純同化率），RGR（相対生長率），穂乾物増加速度を求めるために，出穂後23日と出穂後38日に各区平均穂数を持つ2株について，葉面積，地上部全乾物重および穂乾物重を測定した．出穂後23日については出液速度の測定に用いた株を使用した．

結 果

1) 1穂あたり出液速度とCGR, NAR, RGR, 穂乾物

増加速度の関係

図1に出穂後23日の1穂あたり出液速度を示した．1穂あたり出液速度は標準施肥区では植え付け本数の増加と共に低下した．一方，多施肥区の1穂あたり出液速度は植え付け本数による影響は認められなかった．また，標準施肥区と多施肥区をこみにした場合，1穂あたり出液速度は2本区が最大となり，ついで5本区，8本＋多施肥区，5本＋多施肥区，8本区となった．

表1に出穂後23日の1穂あたり出液速度と出穂後23日から38日にかけてのCGR, NAR, RGR，単位面積当たりの穂乾物増加速度の相関係数を示した．いずれの項目においても1穂あたり出液速度と有意な相関関係は認められなかった．

2) 地上部乾物重あたり出液速度とCGR, NAR, RGR，穂乾物増加速度の関係

図2に出穂後23日の地上部乾物重あたり出液速度を示した．標準施肥区の地上部乾物重あたり出液速度は植え付け本数の増加と共に低下した．一方，多施肥区の地上部乾物重あたり出液速度に対する植え付け本数の影響は認められなかった．一方，標準施肥区と多施肥区をこみにした場合，地上部乾物重あたり出液速度は2本区が最高となり，ついで8本＋多施肥区，5本区，8本区，5本＋多施肥区となった．

表2に出穂後23日の地上部乾物重あたり出液速度と出穂後23日から38日にかけてのCGR, NAR, RGR，単位面積当たりの穂乾物増加速度の関係を示した．ここでCGR, NAR および RGRと地上部乾物重あたり出液速度との間には有意な相関関係は認められなかった．一方，穂乾物増加速度は地上部乾物重あたり出液速度と5%水準で有意な相関関係が得られた．

1) 1穂あたり出液速度とCGR, NAR, RGR，穂乾物増加速度の関係

図1に出穂後23日の1穂あたり出液速度を示した．1穂あたり出液速度は標準施肥区では植え付け本数の増加と共に低下した．一方，多施肥区の1穂あたり出液速度は植え付け本数による影響は認められなかった．また，標準施肥区と多施肥区をこみにした場合，1穂あたり出液速度は2本区が最大となり，ついで5本区，8本＋多施肥区，5本＋多施肥区，8本区となった．

表1に出穂後23日の1穂あたり出液速度と出穂後23日から38日にかけてのCGR, NAR, RGR，単位面積当たりの穂乾物増加速度の相関係数を示した．いずれの項目に

においても1穂あたり出力速度と有意な相関関係は認められなかった。

2) 地上部乾物重あたり出力速度と CGR, NAR, RGR, 穂乾物増加速度の関係

図2に出穂後23日の地上部乾物重あたり出力速度を示した。標準施肥区の地上部乾物重あたり出力速度は植え付け本数の増加と共に低下した。一方、多施肥区の地上部乾物重あたり出力速度に対する植え付け本数の影響は認められなかった。一方、標準施肥区と多施肥区をこみにした場合、地上部乾物重あたり出力速度は2本区が最高となり、ついで8本+多施肥区、5本区、8本区、5本+多施肥区となった。

表2に出穂後23日の地上部乾物重あたり出力速度と出穂後23日から38日にかけての CGR, NAR, RGR, 単位面積当たりの穂乾物増加速度の関係を示した。ここで CGR, NAR および RGR と地上部乾物重あたり出力速度との間には有意な相関関係は認められなかった。一方、穂乾物増加速度は地上部乾物重あたり出力速度と5%水準で有意な相関関係が得られた。

考 察

本研究では、地上部形質のうち穂数及び地上部乾物重を利用して出力速度を示した。これまでに、穂数と伸長した冠根数には有意な相関関係があることが報告されている(山崎ら, 1980)。また、根乾物重と葉身乾物重には相関関係があることが報告されている(鯨, 1988)。これらの報告は、地上部の生育が地下部の生育と密接に関連していることを示している。したがって、1穂あたり出力速度および地上部乾物重あたり出力速度は間接的に根量あたりの出力速度を示すものと考えられる。

山口ら(1995)によれば、水稻品種「ヤマビコ」の穂揃後20日頃の1茎あたり出力速度は50~70mg茎⁻¹h⁻¹であった。また、大橋・静川(2000)によると、出穂後20日の1穂あたり出力速度は、水稻品種「祝」の54mg穂⁻¹h⁻¹から「五百万石」の131mg穂⁻¹h⁻¹の範囲であった。一方複数の栽培方法を用いた本試験では、出穂後23日の1穂あたり出力速度は89~148mg穂⁻¹h⁻¹の範囲であった(図1)。以上のことから、品種のみならず栽培方法も穂または茎あたりの出力速度を変化させる重要な要因であると考えられた。

本試験において、1穂あたり出力速度は標準施肥区に

おいてのみ1株植え付け本数の増加と共に低下していた(図1)。本試験を行った出穂後23日の標準施肥区の1株当たり穂数は、2本区は5本区及び8本区よりも有意に多かった。また、有意な差は認められなかったが、5本区に比べ8本区の穂数は多い傾向があった。そのため、標準施肥区では植え込み本数の増加によって根の生理活性が低下したものと思われた。これは、植え込み本数の多い区では養分や光の株内競争が大きくなるため、1茎当たりに分配される養水分量が低下し、光合成産物が減少することによって考えられた。実際、本試験の標準施肥区では1株植え付け本数が多い区ほど葉色は低下していた。また、標準施肥区と多施肥区をこみにした場合、1穂あたり出力速度は2本区が最大となり、ついで5本区、8本+多施肥区、5本+多施肥区、8本区となった(図1)。

これまでに蔭ら(1988)によって、出穂後12日~27日の CGR は10.4~16.5g m⁻² d⁻¹, NAR は0.9~2.9g m⁻² d⁻¹であること、また趙・村田(1980)によって、出穂前10日の RGR は0.02~0.05g g⁻¹ d⁻¹となることが報告されている。本試験では、出穂後23日~38日の CGR は4.0~19.0g m⁻² d⁻¹, NAR は1.3~5.0g m⁻² d⁻¹, RGR は0.003~0.0133g g⁻¹ d⁻¹であり、これまでの報告とほぼ同様の値であった。CGR, NAR, RGR はいずれも標準施肥区と多施肥区をこみにした場合、8本+多施肥区が最高となり、ついで8本区、2本区、5本区、5本+多施肥区となった。一方、穂乾物増加速度は標準施肥区と多施肥区をこみにした場合、8本+多施肥区が最高となり、ついで2本区、8本区、5本区、5本+多施肥区となった。

1穂あたり出力速度と CGR, NAR, RGR, 穂乾物増加速度の関係について検討した結果、いずれにおいても有意な相関関係は認められなかった(表1)。一方、Samejima ら(2004)によると、根重あたり出力速度と RGR には有意な相関関係が認められている。このことから、根重あたり出力速度と1穂あたり出力速度は根の異なる機能を評価しているものと推察された。

出穂後23日の地上部乾物重あたり出力速度は、1穂あたり出力速度の場合と同様に、標準施肥区においてのみ1株植え付け本数の増加と共に低下していた(図2)。一方、標準施肥区と多施肥区をこみにした場合は2本区が最高となり、ついで8本+多施肥区、5本区、8本区、5本+多施肥区となった。以上のように、標準施肥区と

多施肥区をこみにした場合には1穂あたり出液速度の場合と処理区間の傾向が異なった。

地上部乾物重あたり出液速度と地上部乾物増加速度との関係について検討した結果、CGR, NAR, RGR のいずれにおいても有意な相関関係は認められなかった（表2）。一方、地上部乾物重あたり出液速度と穂乾物増加速度には5%水準で有意な相関関係が認められた（表2）。このことから穂乾物増加速度を推定する場合には、地上部乾物重あたり出液速度の評価が有効であることが示された。

吸水作用は根から水と養分を吸い上げるものであるため、本試験で用いた地上部乾物重あたり出液速度は、地上部乾物重1gあたりに分配される養水分量を表すものと考えられる。出液速度の増加に伴う窒素吸収量の増加は葉身中のRuBPカルボキシラーゼを増加し光合成を高め、吸水量の増加は葉身の含水量と気孔開度を高く維持することで光合成を高く維持するものと考えられる。一方、本試験では地上部乾物重あたり出液速度と地上部全体の乾物重の増加速度を示すCGR, NAR およびRGRとの相関係数は穂乾物増加速度との場合よりも低かった。これは、本試験は光合成産物の大部分が穂に分配される時期に行われたためだと考えられた。

本試験結果より、測定が容易である地上部乾物重あたり出液速度を測定することにより、穂の乾物増加速度を推定することが可能であることが示された。そのため、米収量の増加を目標とする場合には、地上部乾物重あたり出液速度の測定値を基にした栽培管理を行うのが良いと考えられた。具体的な地上部乾物重あたり出液速度の利用方法としては、登熟期に重要な栽培管理は水管理であるため、試験場などの研究機関において地上部乾物重あたり出液速度を測定し、その都度、根を健全に保つことができる水管理方法を農家に通知していくことが考えられる。しかし、地上部乾物重あたり出液速度と穂乾物増加速度の関係が如何なる場合にも成り立つのかについては、同様な試験が過去に行われていないため明らかではない。そのため、今後は地上部乾物重あたり出液速度と穂乾物増加速度の関係が他の品種や処理を用いた場合にも認められるのかを検討していく必要があると考えられる。

引用文献

- Hiroaki Samejima, Motohiko Kondo, Osamu Ito, Takuhito Nozoe, Takuro Shinano, and Mitsuru Osaki (2004) Root-Shoot Interaction as a Limiting Factor of Biomass Productivity in New Tropical Rice Lines. *Soil Science and Plant Nutrition*. 50: 545-554.
- 角田憲一(1989) 水稻根の養分吸収に関する基礎的研究. 1989年度山形大学大学院農学研究科修士論文.
- 鯨幸夫(1988) 農業技術体系, イネ基礎編b. 根の機能と生理. 農文協.
- 森田茂紀・阿部淳(1999) 出液速度の測定・評価方法. 根の研究. 8: 117-119.
- 根の事典編集委員会編(1998) 根の事典(9. 根の生理作用と機能). 朝倉書店. 東京. 326-418.
- 大橋善之・静川幸明(2000) 水稻の登熟期間における出液速度の品種間差異と地温の影響. 根の研究. 9: 61-64.
- 太田保夫・李鐘薫(1970) 水稻の地上部の形質におよぼす根の役割に関する研究 - 第1報 草型の異なる品種の地上部諸形質と根の形質との関係 -. 日本作物学会紀事. 39: 487-495.
- 蒋才忠・平沢正・石原邦(1988) 水稻多収性品種の生理生態的特徴について - アケノホシと日本晴の比較 - 第1報 収量および乾物生産. 日本作物学会紀事. 57: 132-138.
- 趙東三・村田吉男(1980) 水稻の光合成と物質生産に関する研究 第1報 窒素追肥による光合成能力の変化の品種間差異. 日本作物学会紀事. 49: 88-94.
- 山口武視・津野幸人・中野淳一・真野玲子(1995) 水稻の茎基部からの出液速度に関与する要因の解析. 日本作物学会紀事. 64: 703-708.
- 山崎耕宇・片野学・川田信一郎(1980) 水稻1株の根群を構成する伸長した冠根数と穂数との関係. 日本作物学会紀事. 49: 317-322.

表 1 出穂後23日の1穂あたり出液速度と出穂後23～38日のCGR, NAR, RGR, 穂乾物増加速度の相関係数

	CGR	NAR	RGR	穂乾物増加速度
1穂あたり出液速度	-0.04	-0.17	-0.09	0.487

表 2 出穂後23日の地上部乾物重あたり出液速度と出穂後23～38日のCGR, NAR, RGR, 穂乾物増加速度の相関係数

	CGR	NAR	RGR	穂乾物増加速度
地上部乾物重あたり出液速度	0.601	0.503	0.559	0.918*

*は5%水準で有意を示す。

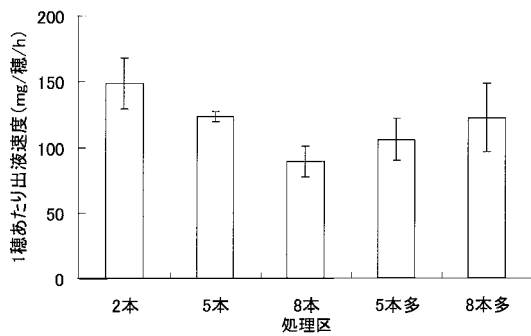


図1. 出穂後23日の1穂あたり出液速度
(図中の縦線は標準誤差 横軸は処理区: 本: 1株植え付け本数, 多: 多施肥区 (90kgNha⁻¹), その他は標準施肥区 (60kgNha⁻¹))

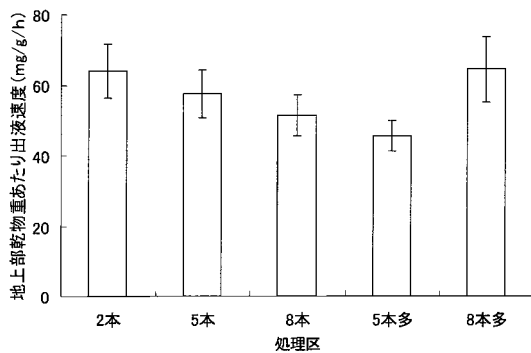


図2. 出穂後23日の地上部乾物重あたり出液速度
(図中の縦線は標準誤差 横軸は処理区: 本: 1株植え付け本数, 多: 多施肥区 (90kgNha⁻¹), その他は標準施肥区 (60kgNha⁻¹))